

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. März 2002 (28.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/25065 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F01D 5/22, 5/20,  
11/08, F16J 15/447

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB01/01750

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. September 2001 (24.09.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 47 307.5 25. September 2000 (25.09.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH];  
Haselstrasse 16, CH-5401 Baden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BEECK, Alexander  
[DE/US]; 516 Spring Island Way, Orlando, FL 32828  
(US). BENEDETTI, Bruno [CH/CH]; Lindenstrasse  
9, CH-5430 Wettingen (CH). KIENINGER, Andreas  
[DE/CH]; Flurstrasse 4, CH-5415 Nussbaumen (CH).  
RATHMANN, Ulrich [DE/CH]; Sonnenmattstrasse 1,  
CH-5400 Baden (CH).

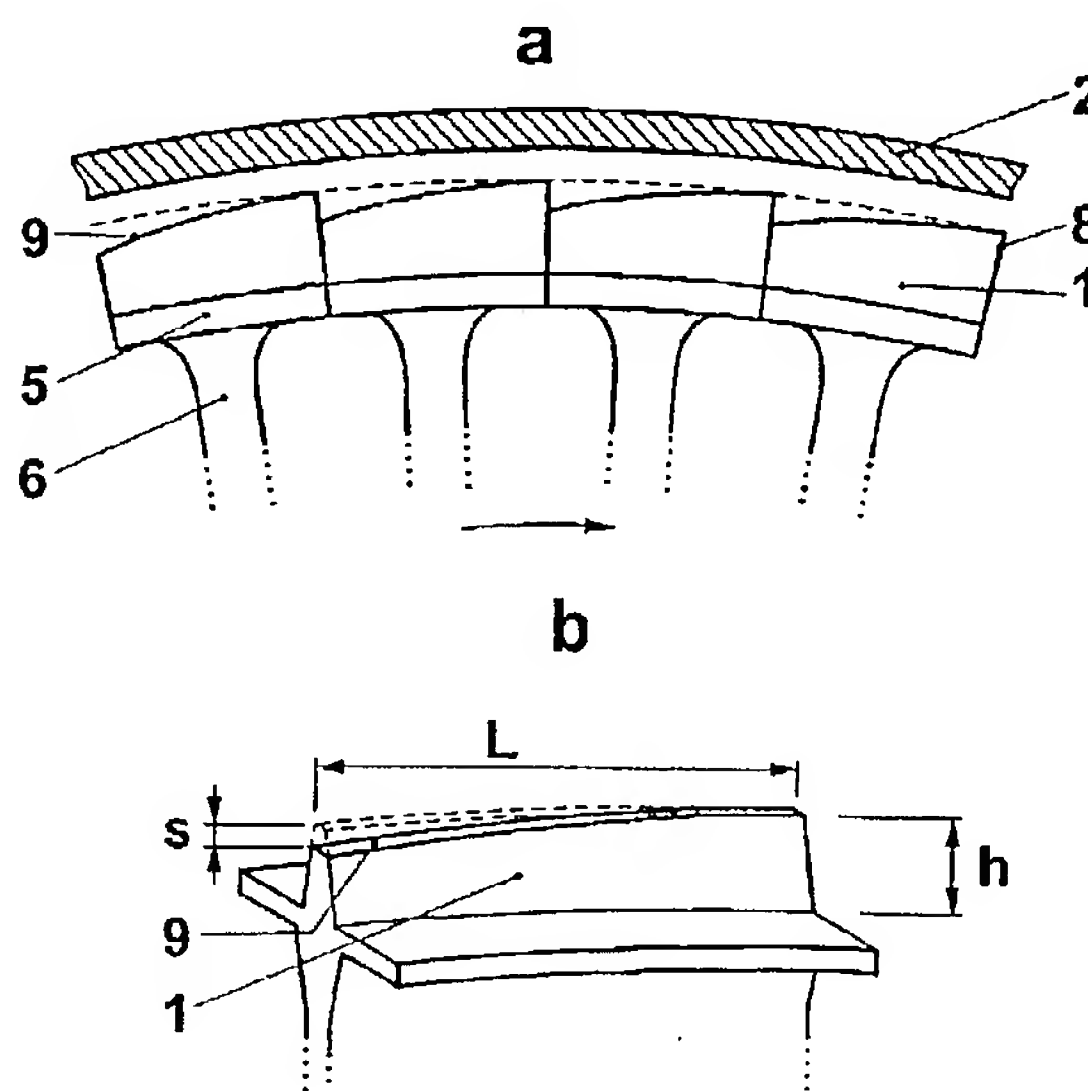
(74) Anwälte: PÖPPER, Evamaria usw.; c/o Alstom  
(Schweiz) AG, Intellectual Property CHSP, Haselstrasse  
16/699/5. OG, CH-5401 Baden (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ,  
LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SEAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: DICHTUNGSANORDNUNG



(57) Abstract: The invention relates to a seal system, which is provided between a rotating subassembly (4, 6) and a static sub-assembly (3, 14, 15). In this seal system, the rotating subassembly (4, 6, 16) comprises at least one blade-shaped element (1), which protrudes inside a counter running surface (2) on the static component. The inventive seal system is characterized in that the blade-shaped element (1) is provided as a metal-cutting means with a geometrically specified blade located across from the counter running surface (2) or it forms a metal-cutting means of this type as the rotating subassembly rotates. The inventive seal system reduces wear to the blade-shaped element also under unfavorable rotation conditions or temperature conditions.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/25065 A1



MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung, die zwischen einer rotierenden Baugruppe (4, 6) und einer statischen Baugruppe (3, 14, 15) ausgebildet ist. Bei dieser Dichtungsanordnung weist die rotierende Baugruppe (4, 6, 16) zumindest ein schneidenförmiges Element (1) auf, das in eine Gegenauflfläche (2) am statischen Bauteil eingreift. Die vorliegende Dichtungsanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass das schneidenförmige Element (1) als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide gegenüber der Gegenauflfläche (2) ausgebildet ist oder bei Rotation der rotierenden Baugruppe ein derartiges spanabhebendes Mittel ausbildet. Durch die vorgeschlagene Dichtungsanordnung wird der Verschleiß des schneidenförmigen Elementes auch bei ungünstigen Rotations- oder Temperaturbedingungen vermindert.

## Dichtungsanordnung

### Technisches Anwendungsgebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtungs-  
5 anordnung, die zwischen einer um eine Rotationsachse  
rotierenden Baugruppe und einer statischen Baugruppe  
ausgebildet ist, insbesondere als Bestandteil einer  
Strömungsmaschine, und ein oder mehrere schneiden-  
förmige Elemente an der rotierenden Baugruppe und eine  
10 Gegenlaufläche an der statischen Baugruppe aufweist,  
wobei die ein oder mehreren schneidenförmigen Elemente  
während der Rotation der rotierenden Baugruppe in die  
Gegenlaufläche eingreifen.

15 Die vorliegende Dichtungsanordnung findet  
insbesondere Anwendung zur Reduzierung von Leckströmen  
innerhalb einer Strömungsrotationsmaschine, beispiels-  
weise einer axialen Turbomaschine, die beispielsweise  
zwischen den Laufschaufeln und dem Gehäuse oder  
20 zwischen Laufschaufeln und benachbarten Leitschaufeln  
auftreten können.

### Stand der Technik

25 Der Wirkungsgrad einer axial durchströmten Gas-  
turbine wird unter anderem durch Leckströme des  
komprimierten Gases beeinflusst, die zwischen  
rotierenden und nicht rotierenden Komponenten der  
Turbine auftreten. Einen Einfluss auf die Größe der  
30 Leckströme hat hierbei der zwischen den Enden der

Laufschaufeln und der die Laufschaufeln umgebenden Gehäusewand auftretende Spalt. Durch Verkleinerung bzw. Abdichtung dieses Spaltes kann der Wirkungsgrad der Gasturbine erhöht werden. Aufgrund der beim Betrieb der  
5 Turbine auftretenden Kräfte sowie der thermischen Belastung kann der Spalt jedoch nicht beliebig klein gewählt werden. Zur Verminderung der Leckströme in diesen Bereichen sind unterschiedliche Dichtungsmechanismen bekannt.

10

So beschreibt die DE 198 48 103 A1 eine Dichtungsanordnung zur Reduzierung von Leckströmen innerhalb einer Strömungsrotationsmaschine, bei der zwischen Leit- und/oder Laufschaufeln und benachbarten Kompo-  
15 nenten der Strömungsmaschine ein filzartiges Material als Dichtelement vorgesehen ist, das die axialen Spaltströmungen des Heissgases reduziert.

Eine häufig eingesetzte Technik zur Verminderung  
20 der Leckströme in axialen Rotationsmaschinen ist in der DE 198 21 365 A1 beschrieben. Bei dieser Technik werden Dichtstellen zwischen dem Gehäuse und dem Rotor als so genannte Labyrinthdichtungen ausgeführt. Bei diesen Labyrinthdichtungen sind am Rotor bzw. den mit dem  
25 Rotor verbundenen Laufschaufeln ein oder mehrere schneidenförmige Elemente ausgebildet, die während der Rotation in Gegenlauflächen an der Gehäusewandung eingreifen. Als besonders vorteilhaft hat sich hierbei die Ausbildung der Gegenlauflächen in Form von  
30 Wabendichtungen, so genannten Honey-Comb-Dichtungen, herausgestellt.

Eine als Labyrinthdichtung ausgeführte Dichtungsanordnung mit derartigen in Wabenstruktur ausgebildeten

- 3 -

Gegenlauflächen bei einer Gasturbine ist auch in der US 5,967,745 näher erläutert.

Beim erstmaligen Betrieb einer Gasturbine mit  
5 einer derartigen Dichtungsanordnung muss durch die  
schneidenförmigen Elemente an den Laufschaufeln jedoch  
zunächst Material aus der Gegenlaufläche abgetragen  
werden, um die ineinander greifende Struktur zur  
Erzielung der Dichtungswirkung zu erzeugen. Auch  
10 während des Betriebes kommt die Gegenlaufläche  
aufgrund der bei unterschiedlichen Belastungen auftre-  
tenden unterschiedlichen Kräfte und thermischen  
Deformationen häufig mit den schneidenförmigen Elemen-  
ten in Kontakt. Hierbei muss sichergestellt sein, dass  
15 sich die schneidenförmigen Elemente der Laufschaufeln  
nicht verstärkt abnutzen.

Daher wird einerseits versucht, diese Abnutzung  
durch die Wahl eines gegenüber der Gegenlaufläche  
deutlich härteren Materials für die schneidenförmigen  
20 Elemente der Laufschaufeln zu vermindern. Andererseits  
ist beispielsweise aus der US 5,952,110 bekannt, die  
schneidenförmigen Elemente mit einer abrasiven Be-  
schichtung zu versehen, bei der abrasive Teilchen aus  
der Oberfläche des schneidenförmigen Elementes hervor-  
25 stehen. Durch diese abrasiven Partikel wird die Gegen-  
laufläche in dem entsprechenden Bereich abgeschliffen.

Das schneidenförmige Element, das in der Regel  
durch das Deckband oder den Schaufelfuß der Lauf-  
30 schaufeln gebildet wird oder auf diesen aufsitzt,  
greift bei den obigen Anordnungen in die Gegenlauf-  
fläche ein, um die dichtende Wirkung zu erzielen. Durch  
axiale und radiale Dehnungen während des Betriebs der

- 4 -

Strömungsmaschine arbeitet sich die Gegenlaufläche sowohl in radialer wie auch in axialer Richtung ab, wobei die schneidenförmigen Elemente des Deckbandes oder des Schaufelfußes der Laufschaufeln keine Abnutzung erfahren sollten, um die Balance des Rotors nicht zu stören.

Bei längerer Betriebsweise von Gasturbinenanlagen mit derartigen Dichtungsanordnungen wurde jedoch festgestellt, dass sich die Richtung der Abnutzung bei ungünstigen Temperaturverhältnissen oder bestimmten Umfangsgeschwindigkeiten im Betrieb umkehren kann, so dass sich der rotierende Teil abnutzt, während die Gegenlaufläche, insbesondere bei Wabenstrukturen, annähernd unversehrt bleibt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine verbesserte Dichtungsanordnung zu schaffen, bei der die Abnutzung der rotierenden Baugruppen, insbesondere der schneidenförmigen Elemente dieser Baugruppen, auch bei ungünstigen Umdrehungs- und Temperaturverhältnissen deutlich vermindert ist.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

Die Aufgabe wird mit der Dichtungsanordnung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Dichtungsanordnung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die vorliegende Dichtungsanordnung ist zwischen einer um eine Rotationsachse rotierenden Baugruppe und einer statischen Baugruppe ausgebildet und insbesondere Bestandteil einer Strömungsmaschine. Bei der Dichtungs-



- 5 -

anordnung greifen ein oder mehrere schneidenförmige Elemente an der rotierenden Baugruppe in eine Gegenlaufläche an der statischen Baugruppe ein, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die

5 vorliegende Dichtungsanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass zumindest eines der schneidenförmigen Elemente gegenüber der Gegenlaufläche als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet ist oder sich bei Rotation der rotierenden

10 Baugruppe zu einem ein derartigen Mittel ausbildet.

Erfindungsgemäß wurde demnach erkannt, dass durch eine spezielle geometrische Ausbildung des schneidenförmigen Elementes die Abnutzung dieses Elementes auch bei ungünstigen Betriebsverhältnissen der zugrunde-

15 liegenden rotierenden Baugruppe verringert werden kann.

Während bei den bekannten Dichtungsanordnungen an Laufschaufeln die schneidenförmigen Elemente in Umfangsrichtung derart hintereinander angeordnet sind,

20 dass sie gegenüber der Gegenlaufläche eine im Wesentlichen glatte Oberfläche bieten, bildet bei der vorliegenden Dichtungsanordnung zumindest eines der schneidenförmigen Elemente ein spanabhebendes Mittel gegenüber der Gegenlaufläche aus. Hierfür muss dieses

25 schneidenförmige Element gegenüber der Gegenlaufläche einen Schneidekeil bilden, der gegenüber den benachbarten Flächen entsprechend hervorsteht. Dies kann einerseits durch Ausbildung einer entsprechenden geometrisch bestimmten Schneide an dem jeweiligen

30 schneidenförmigen Element erfolgen. Andererseits kann dies auch - besonders im Falle des durch das Deckband der Laufschaufel gebildeten schneidenförmigen Elementes - durch Ausbildung des gesamten schneidenförmigen

- 6 -

Elementes in Form einer geometrisch bestimmten Schneide erfolgen, die bei Rotation der rotierenden Baugruppe die spanabhebende Funktion gegenüber der Gegenlauf-  
fläche erfüllt.

- 5           Im Gegensatz zu der aus dem Stand der Technik bekannten abrasiven Beschichtung mit hervorstehenden abrasiven Partikeln, die eine geometrisch unbestimmte Schneide darstellen, wird bei der vorliegenden Dichtungsanordnung durch eine besondere Ausgestaltung  
10 und/oder Anordnung des schneidenförmigen Elementes eine geometrisch bestimmte Schneide eingesetzt. Dies hat den Vorteil eines geringeren Wirkungsverlustes, da sich gerade die bekannten abrasiven Partikel im Laufe des Betriebes leicht von der Oberfläche lösen können, so  
15 dass die Schleifwirkung verloren geht.

- In einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Dichtungsanordnung zur Abdichtung zwischen den Laufschaufeln und dem benach-  
20 barten Gehäuse eingesetzt. Die Deckbänder der Laufschaufeln sind hierbei als Schneiden ausgebildet, die gegenüber der bekannten Ausführung dieser Schneiden an ihrer Oberseite entgegen der Rotationsrichtung abge-  
schrägt sind, so dass sie eine Spanfläche und eine  
25 Freiformfläche gegenüber der Gegenlaufläche aufweisen. Auf diese Weise entsteht aufgrund der Aneinanderreihung dieser Deckbänder in Umfangsrichtung ein Sägezahn-  
profil, das die spanabhebende Wirkung an der Gegenlauf-  
fläche bewirkt.

- 30           Da diese Abschrägung der schneidenförmigen Elemente der Deckbänder einen keilförmigen Spalt zwischen dem jeweiligen Deckband und der Gegenlauf-  
fläche und damit eine Erhöhung von Leckströmen zur



- 7 -

Folge hat, wird in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform eine Anordnung der Deckbänder realisiert, bei der diese Deckbänder hinsichtlich ihrer Befestigung an der Laufschaufel gezielt aus der Balance  
5 gebracht sind. Durch die nicht ausbalancierten Deckbänder, die nicht in ihrem Schwerpunkt sondern in Umfangsrichtung vor ihrem Schwerpunkt mit den Laufschaufeln verbunden sind, schließt sich der keilförmige Spalt aufgrund der bei der Rotation auftretenden  
10 Zentrifugalkräfte während des Betriebs der Rotationsstufe automatisch. Die spanabhebende Wirkung dieser Anordnung besteht daher nur in einem Bereich geringer Umlaufgeschwindigkeit der rotierenden Bauteile, während sich bei höheren Umlaufgeschwindigkeiten die dichtende  
15 Wirkung erhöht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird das Schließen dieser keilförmigen Spalte während des Betriebs der rotierenden Baugruppe durch thermische Deformation erreicht. Hierbei wird ausgenutzt, dass die  
20 thermische Belastung der rotierenden Baugruppe bei Gasturbinen nicht über die gesamte Laufschaufel und deren Deckband gleich ist, sondern eine bestimmte Verteilung aufweist. Durch Ausnutzung dieser ortsabhängigen thermischen Belastung kann eine gezielte  
25 Deformation der Laufschaufeln mit dem Deckband erreicht werden, bei der sich der keilförmige Spalt schließt.

Diese Deformation sowie die Ausnutzung nicht ausbalancierter Deckbänder kann auch dafür ausgenutzt  
30 werden, die spanabhebende Wirkung der schneidenförmigen Elemente erst durch die Rotation der Baugruppe zu ermöglichen. Hierbei werden die schneidenförmigen Elemente aufgebaut, wie dies bereits aus dem Stand der

Technik bekannt ist. Durch gezielte Abweichung von einer ausbalancierten Anordnung der Deckbänder kann erreicht werden, dass sich die Deckbänder mit den schneidenförmigen Elementen mit ihrem in Umfangs-  
5 richtung vorderen Bereich radial nach außen biegen, so dass hierdurch ein Freiwinkel gegenüber der Gegenlauf-  
fläche entsteht. Die gesamte Anordnung zeigt daher erst bei genügend hoher Umlaufgeschwindigkeit das gewünschte sägezahnartige Profil.

10

Selbstverständlich ist es zur Ausnutzung des erfindungsgemäß beabsichtigten spanabhebenden Effektes nicht erforderlich, dass sämtliche schneidenförmigen Elemente diese spanabhebende Funktion aufweisen.  
15 Vielmehr genügt es auch, wenn nur eines der Deckbänder der rotierenden Stufe ein derartiges Element aufweist.

In einer weiteren Ausführungsform können die schneidenförmigen Elemente, die als spanabhebendes  
20 Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet sind, zusätzlich an ihren Schneideecken partiell gehärtet werden. Dieses partielle Härten kann durch Maßnahmen erfolgen, wie sie aus der Werkzeugtechnik bekannt sind, so beispielsweise durch das Aufbringen  
25 einer Cr- oder TiN-Schicht oder anderer Beschichtungen, die für hohe Temperaturen geeignet sind, z.B. Hardalloy-h, SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Das partielle Härten der Schneideecken bewirkt ein automatisches Nachschärfen dieser Schneideecken während des Betriebes, so dass die  
30 spanabhebende Wirkung auch nach längerer Betriebszeit noch gewährleistet ist.

- 9 -

Die vorliegende Dichtungsanordnung eignet sich insbesondere für Strömungsmaschinen, wie beispielsweise Gasturbinen, und kann vor allem zwischen den Laufschaufelspitzen und der Gehäuseinnenwandung, zwischen  
5 den Laufschaufelfüßen und benachbarten Leitschaufeln, zwischen Wärmestausegmenten des Rotors und benachbarten Laufschaufeln oder zwischen Wärmestausegmenten und einer Gehäuseinnenwandung eingesetzt werden. Grundsätzlich sind sie für jede Form der Abdichtung zwischen  
10 einer rotierenden Baugruppe und einer statischen Baugruppe geeignet.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15 Die vorliegende Dichtungsanordnung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens nochmals näher erläutert. Hierbei zeigen:

20

Fig. 1a-c: ein Beispiel für die Wirkungsweise und den Aufbau einer Labyrinthdichtung mit Wabenstruktur gemäß dem Stand der Technik bei Gasturbinen;

25 Fig. 2a/b: ein Beispiel für die Ausbildung der schneidenförmigen Elemente der Deckbänder einer Turbinenstufe als Bestandteil der vorliegenden Dichtungsanordnung;

Fig. 3: eine Ausführungsform zur Veranschaulichung  
30 der Wirkungsweise eines nicht ausbalancierten Deckbandes bei der vorliegenden Dichtungsanordnung;

- Fig. 4: ein Beispiel für eine Ausgestaltung des  
schneidenförmigen Elementes eines  
Deckbandes, das erst bei Rotation der  
Baugruppe die spanabhebende Wirkung  
5 entfaltet;
- Fig. 5a-e: mehrere Beispiele für auf das Deckband  
aufgesetzte oder integrierte Schneiden zur  
Realisierung der vorliegenden Dichtungs-  
anordnung;
- 10 Fig. 6: ein Beispiel für die Kombination eines  
nicht ausbalancierten Deckbandes mit einer  
in das Deckband integrierten Schneide;
- Fig. 7: ein weiteres Beispiel für die Ausbildung  
der geometrisch bestimmten Schneide im  
15 Deckband einer Laufschaufel;
- Fig. 8: schematisch eine Darstellung der partiell  
gehärteten Bereiche einer Schneide zum  
Einsatz in der vorliegenden  
Dichtungsanordnung; und
- 20 Fig. 9: ein Beispiel für unterschiedliche Bereiche  
innerhalb einer Gasturbine in denen die  
vorliegende Dichtungsanordnung eingesetzt  
werden kann.

25 Wege zur Ausführung der Erfindung

Figur 1a zeigt ein Beispiel für den Aufbau einer  
Dichtungsanordnung in einer Turbinenstufe einer  
Gasturbine. Die dargestellte Dichtungsanordnung wird  
30 durch eine Gegenlaufläche 2 in Wabenstrukturform als  
Beispiel auf dem statischen Bauteil 3, hier der

- 11 -

Gehäusewandung, und einem schneidenförmigen Element 1 am Deckband 5 einer rotierenden Laufschaufel 6 gebildet. Die Drehrichtung der Laufschaufel 6 um die Rotations- bzw. Rotorachse 7 ist mit einem Pfeil 5 angedeutet. In Figur 1b ist die einschneidende Wirkung des schneidenförmigen Elementes 1 in die Gegenlauf- fläche 2 veranschaulicht. Durch axiale sowie radiale Dehnungen der Laufschaufel 6 während des Betriebes der Gasturbine arbeitet sich die Gegenlauffläche 2 sowohl 10 in axialer wie auch in radialer Richtung ab.

In Figur 1c ist ein Beispiel für den Aufbau einer zur Bildung der Gegenlauffläche eingesetzten Waben- struktur in Draufsicht zu erkennen.

15 Das schneidenförmige Element 1 stellt bei dieser bekannten Dichtungsanordnung das abrasive Element dar, während das Material der Gegenlauffläche 2 das abzu- tragende Material darstellt. Zur Vermeidung eines diese Wirkungsweise umkehrenden Mechanismus, der bei un- 20 günstigen Umdrehungsgeschwindigkeiten und Temperatur- verhältnissen auftreten kann, wird die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung vorgeschlagen, die nachfolgend anhand von mehreren Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 2 bis 9 erläutert wird.

25 Diese Ausführungsbeispiele beziehen sich jeweils auf eine besondere Ausbildung des schneidenförmigen Elementes eines Deckbandes einer Laufschaufel. Selbstverständlich lassen sich die geometrischen Ausführungen dieses schneidenförmigen Elementes ebenso 30 auf andere Teile rotierender Baugruppen übertragen. Weiterhin sind auch mehrere hintereinander geschaltete Schneiden oder schneidenförmige Elemente möglich.

- 12 -

Figur 2a zeigt einen Ausschnitt aus einer Lauf-  
schaufelreihe einer Gasturbine, bei der das Deckband 5  
an der radialen Spitze der Laufschaufeln 6 als  
schneidenförmiges Element 1 ausgebildet ist. Die  
5 Deckbänder können hierbei im axialen Schnitt eine Form  
aufweisen, wie sie im Zusammenhang mit Figur 1  
beispielhaft dargestellt ist. Die Rotationsrichtung ist  
wiederum durch den Pfeil angedeutet. Bei dieser  
beispielhaften Ausgestaltung der vorliegenden  
10 Dichtungsanordnung ist die Gegenlaufläche 2 als Waben-  
struktur ausgebildet. Die schneidenförmigen Elemente 1  
der Deckbänder 5 der Laufschaufeln sind in diesem  
Beispiel jeweils an ihrer Oberseite abgeschrägt, so  
dass sie eine Spanfläche 8 sowie eine Freifläche 9  
15 gegenüber der Gegenlaufläche 2 bilden. Der  
schraffierte Bereich zeigt hierbei die gegenüber der  
üblichen Ausbildung derartiger Elemente geänderte Form  
auf. Die Gegenlaufläche 2 ist in dieser Abbildung nur  
zur übersichtlicheren Darstellung von den schneiden-  
20 förmigen Elementen 1 beabstandet dargestellt.

Durch diese Ausbildung der schneidenförmigen  
Elemente als spanabhebendes Mittel mit geometrisch  
bestimmter Schneide wird während der Rotation der  
Laufschaufeln eine spanabhebende Wirkung erzielt, die  
25 eine deutlich verminderte Abnutzung auch bei un-  
günstigen Umdrehungsgeschwindigkeiten und Temperatur-  
verhältnissen ermöglicht.

Die Ausgestaltung der schneidenförmigen Elemente  
30 zur Erzielung dieser Zerspanungsgeometrie ist in Figur  
2b nochmals anhand eines der schneidenförmigen Elemente  
in perspektivischer Ansicht dargestellt. Die  
gestrichelte Linie gibt hierbei die Abschrägung



- 13 -

gegenüber einem aus dem Stand der Technik bekannten herkömmlichen derartigen Element an. Bei einer üblichen Höhe  $h$  und Länge  $L$  dieses schneidenförmigen Elementes, wie sie bei bekannten Gasturbinenanordnungen in der ersten Turbinenstufe vorliegen, erfüllt das Maß bzw. die Höhendifferenz  $s$  der Abschrägung, wie sie in der Figur dargestellt ist, vorzugsweise die Bedingung:  $0,01 h \leq s \leq 0,5 h$ . In der Regel führt dies zu einer Höhendifferenz  $s$  im Bereich von 0,1 bis 10 mm. Eine derartige Geometrie des schneidenförmigen Elementes wird bereits bei der Herstellung der Turbinenschaufel berücksichtigt und kann auch durch gezielte Nachbearbeitung erreicht werden.

Figur 3 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform, bei der sich die bei einer Ausgestaltung der schneidenförmigen Elemente gemäß Figur 2 ergebende erhöhte Leckage zwischen dem Deckband 5 und der gegenüberliegenden Gehäusewandung 3 vermieden wird. Bei dieser Ausführungsform ist die Schneidengeometrie genau so gewählt, wie sie bereits im Zusammenhang mit Figur 2 erläutert wurde. Durch geeignete Berücksichtigung der bei der Rotation auftretenden thermischen Deformationen oder durch gezielte nicht ausbalancierte Anordnung der Deckbänder 5 an der Schaufel 6 kann erreicht werden, dass sich der durch die Schräge entstehende keilförmige Spalt zwischen der Gegenlauffläche 2 und dem schneidenförmigen Element 1 - in Figur 2a durch den schraffierten Bereich angedeutet - nach Durchfahren eines kritischen Drehzahlbereiches oder Temperaturbereiches aufgrund der angreifenden Kräfte bzw. thermischen Deformation schließt. Dieser Mechanismus ist in Figur 3 durch die Pfeile an den

Schneiden 1 schematisch angedeutet, die eine Drehung oder Biegung des Deckbandes 5 um die Aufhängungs- bzw. Verbindungsmittelachse 10 der Verbindung mit den Laufschaufeln 6 während der Rotation zeigen. Diese Biegung, die wie bereits oben erwähnt auch thermisch herbeigeführt werden kann, führt zum Schließen des keilförmigen Spaltes mit dem Freiformwinkel  $\alpha$ , wobei die Figur bereits den Zustand nach Schließen des Spaltes zeigt.

10

Figur 4 zeigt eine Ausführungsform, bei der das schneidenförmige Element 1 im Ruhezustand der Gasturbine kein spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausbildet, sondern ausgeformt ist, wie dies bei den bekannten Anordnungen des Standes der Technik bekannt ist. Durch geeignete Anbringung dieses schneidenförmigen Elementes 1 bzw. des Deckbandes 5 mit diesem schneidenförmigen Element an der Laufschaufel 6 kann erreicht werden, dass sich der in Umlaufrichtung vordere Teil des schneidenförmigen Elementes 1 bei Rotation der Laufschaufel 6 in radialer Richtung bewegt, so dass er mit der dadurch aufragenden Schneidecke 11 die spanabhebende Wirkung erzielt. Bei dieser Ausgestaltung wird das Deckband 5 nicht ausbalanciert, sondern dessen Schwerpunkt in Umlaufrichtung vor der Längsachse der Laufschaufel 6 gelegt.

Figur 5 zeigt drei Beispiele, bei denen das schneidenförmige Element 1 mit einem gesonderten Schneidzahn 12 versehen ist. In den Figuren 5a und 5b ist hierbei in Seitenansicht und in Draufsicht ein Schneidzahn 12 zu erkennen, der sich in geeigneter Weise von der Fläche des schneidenförmigen Elementes

30

abhebt. Neben dieser Anbringung des Schneidezahns 12 im in Umlaufrichtung vorderen Bereich des schneidenförmigen Elementes 1 kann dieser, wie in den Figuren 5c und 5d in Seitenansicht und in Draufsicht gezeigt ist, auch beispielsweise mittig aufgesetzt werden.

Figur 5e zeigt eine weitere Ausgestaltung, bei der der Schneidezahn 12 im vorderen Teil des schneidenförmigen Elementes 1 integriert ist.

Die geometrische Ausgestaltung dieses Schneidezahns 12 muss selbstverständlich dergestalt erfolgen, dass die spanabhebende Wirkung gegenüber der Gegenlauf-  
fläche 2 zumindest während eines Geschwindigkeitsbereiches der Rotation erfüllt wird. Geeignete geometrische Formen sind aus der Werkzeugtechnik bekannt. Weiterhin ist es möglich, mehrere dieser Schneidzähne 12 an einem schneidenförmigen Element 1 anzubringen.

Figur 6 zeigt ein weiteres Beispiel, bei dem ein gesonderter Schneidezahn 12 im oberen Bereich des schneidenförmigen Elementes 1 ausgebildet ist. Bei dieser Ausgestaltung wird zusätzlich das Deckband 5 nicht ausbalanciert, wobei dessen Schwerpunkt in Umlaufrichtung gegenüber der Befestigungsmittelachse an der Laufschaufel 6 nach hinten verschoben ist. Durch diese Ausgestaltung bewegt sich der hintere Teil des schneidenförmigen Elementes 1 während der Rotation gegen die Gegenlauf-  
fläche, um so die spanabhebende Wirkung zu verstärken.

Figur 7 zeigt eine weitere Ausgestaltung des schneidenförmigen Elementes einer erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung in Seitenansicht und in Draufsicht. Bei dieser Ausgestaltung ist die in Umlaufrichtung

vordere Ecke des schneidenförmigen Elementes seitlich  
angeschärft oder ausgebogen, wie dies in Draufsicht gut  
zu erkennen ist. Durch dieses seitliche Anschärfen oder  
Ausbiegen wird die gewünschte spanabhebende Funktion  
5 gegenüber der Gegenlaufläche bewirkt.

Figur 8 zeigt ein Beispiel einer Ausbildung des  
schneidenförmigen Elementes, bei der die Spanfläche 8  
gegenüber dem restlichen Bereich gehärtet ist. Der  
10 gehärtete Bereich ist mit Bezugszeichen 13 angedeutet.  
Durch dieses partielle Härten der Schneide wird ein  
automatisches Nachschärfen durch Abnutzung der  
Freifläche 9 erzielt.

15 Figur 9 zeigt schließlich schematisch unterschied-  
liche Bereiche einer Gasturbine, in denen die vor-  
liegende Dichtungsanordnung eingesetzt werden kann. So  
sind in der Figur die Rotationsachse 7, eine Lauf-  
schaufel 6, eine Leitschaufel 14, das umgebende Gehäuse  
20 15 sowie das Rotorwärmestausegment (RWSS) 16 darge-  
stellt. Zur Vermeidung von Leckströmen in axialer  
Richtung ist das Deckband der Laufschaufel 6 mit zwei  
schneidenförmigen Elementen 1 ausgebildet, die in  
entsprechende Gegenlauflächen 2 am Gehäuse 15 ein-  
25 greifen (hier aus Übersichtlichkeitsgründen nicht  
dargestellt). Diese Dichtungsanordnung am Schaufel-  
deckband kann mit den erfindungsgemäß vorgeschlagenen  
Schneiden realisiert werden.

Eine weitere Dichtung zwischen dem Schaufelfuß 17  
30 der Laufschaufel und der benachbarten Leitschaufel 14  
bei balkonartiger Ausführung des Schaufelfußes 17 ist  
ebenfalls ein Anwendungsbeispiel für die vorliegende  
Dichtungsanordnung. In diesem Fall sind die beiden

- 17 -

schneidenförmigen Elemente 1 am Schaufelfuß 17 gegenüber der an der Leitschaufel 14 ausgebildeten Gegenlauffläche 2 entsprechend geformt, um die beschriebene spanabhebende Funktion zu erzielen.

5 Ein weiteres Anwendungsbeispiel für die vorliegende Dichtungsanordnung liegt in der Abdichtung zwischen dem Wärmestausegment 16 des Rotors und den statischen Leitschaufeln 14. Auch in diesem Fall sind die am Wärmestausegment 16 ausgebildeten schneiden-  
10 förmigen Elemente 1 gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet.

Es versteht sich von selbst, dass die in diesem Ausführungsbeispiel sowie in den vorangehenden Aus-  
15 führungsbeispielen dargestellte Anzahl der schneidenförmigen Elemente, die nebeneinander in die Gegenlaufflächen eingreifen, nicht auf die jeweils dargestellte Anzahl beschränkt sind. Die Anzahl dieser schneidenförmigen Elemente spielt bei der Realisierung der  
20 vorliegenden Erfindung keine Rolle.

In gleicher Weise ist es unerheblich, ob jeweils nur das schneidenförmige Element einer Laufschaufel bzw. eines Deckbandes oder Schaufelfußes die spanabhebende Funktion erfüllt, oder ob diese Funktion bei  
25 mehreren oder allen Laufschaufeln einer Laufschaufelreihe erfüllt wird.

Bezugszeichenliste

	1	schneidenförmiges Element
	2	Gegenlaufläche
5	3	statische Baugruppe
	4	rotierende Baugruppe
	5	Deckband
	6	Laufschaufel
	7	Rotationsachse
10	8	Spanfläche
	9	Freifläche
	10	Aufhängungsmittelachse
	11	Schneidecke
	12	Schneidzahn
15	13	gehärteter Bereich
	14	Leitschaufel
	15	Gehäusewand
	16	Rotor-Wärmestausegment
	17	Schaufelfuß
20	$\alpha$	Freiformwinkel



Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung, die zwischen einer um eine Rotationsachse (7) rotierenden Baugruppe (4) und einer statischen Baugruppe (3) ausgebildet ist,  
5 insbesondere als Bestandteil einer Strömungsmaschine, und ein oder mehrere schneidenförmige Elemente (1) an der rotierenden Baugruppe (4) und eine Gegenlaufläche (2) an der statischen Baugruppe (3) aufweist, wobei die ein oder mehreren  
10 schneidenförmigen Elemente (1) während der Rotation der rotierenden Baugruppe (4, 6) in die Gegenlaufläche (2) eingreifen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der schneidenförmigen  
15 Elemente (1) gegenüber der Gegenlaufläche (2) als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet ist oder sich bei Rotation der rotierenden Baugruppe (4) zu einem derartigen spanabhebenden Mittel ausbildet.  
20
2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine schneidenförmige Element  
25 (1) als Ganzes durch Ausbildung einer Spanfläche (8) und einer Freiformfläche (9) gegenüber der Gegenlaufläche (2) die geometrisch bestimmte Schneide bildet.
3. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1,  
30 dadurch gekennzeichnet,

- 20 -

dass das zumindest eine schneidenförmige Element (1) eine aufgesetzte oder integrierte geometrisch bestimmte Schneide aufweist.

- 5    4.    Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Gegenlaufläche (2) als Wabendichtung, Filz oder poröses Material ausgeführt ist.
- 10   5.    Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die rotierende Baugruppe (4) eine Laufschaufelreihe mit Laufschaufeln (6) einer Gasturbine ist.
- 15    6.    Dichtungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufeln (6) Deckbänder (5) aufweisen, an denen die schneidenförmigen Elemente (1) angeordnet sind.
- 20    7.    Dichtungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass alle schneidenförmigen Elemente (1) der Deckbänder (5) gegenüber der Gegenlaufläche (2) als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet sind oder sich bei Rotation der Laufschaufeln (6) zu einem derartigen spanabhebenden Mittel ausbilden.
- 25    8.    Dichtungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Ausgestaltung des zumindest einen
- 30

- schneidenförmigen Elementes (1) mit einem von Null  
verschiedenen Freiformwinkel  $\alpha$  gegenüber der  
Gegenlaufläche (2) die Laufschaufeln (6) mit den  
Deckbändern (5) derart aufgebaut sind, dass sich  
5 der Freiformwinkel  $\alpha$  gegenüber der Gegenlaufläche  
(2) bei Überschreiten eines Drehzahl- oder  
Temperaturbereiches der rotierenden Baugruppe  
aufgrund von Deformationskräften verkleinert.
- 10 9. Dichtungsanordnung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Laufschaufeln (6) mit den Deckbändern (5)  
derart aufgebaut sind, dass sich der Freiform-  
winkel  $\alpha$  aufgrund thermischer Deformation der  
15 Anordnung aus Laufschaufeln (6) und Deckbändern  
(5) verkleinert.
10. Dichtungsanordnung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die Laufschaufeln (6) mit den Deckbändern (5)  
derart aufgebaut sind, dass sich der Freiform-  
winkel  $\alpha$  aufgrund der am Deckband (5) angreifenden  
rotatorischen Kräfte verkleinert.
- 25 11. Dichtungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei einer Ausgestaltung des zumindest einen  
schneidenförmigen Elementes (1), bei der im nicht  
rotierenden Zustand der Laufschaufeln (6) kein  
30 Freiformwinkel gegenüber der Gegenlaufläche (2)  
vorliegt, die Laufschaufeln (6) mit den Deck-  
bändern (5) derart aufgebaut sind, dass bei  
Rotation der Laufschaufeln (6) ein von Null

- 22 -

verschiedener Freiformwinkel  $\alpha$  des zumindest einen schneidenförmigen Elementes (1) gegenüber der Gegenlauffläche (2) aufgrund von Deformationskräften entsteht.

5

12. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die rotierende Baugruppe (4) ein Rotor-Wärmestausegment (16) einer Gasturbine ist.

10

13. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die statische Baugruppe (3) eine Leitschaufelreihe (14) einer Gasturbine ist.

15

14. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die statische Baugruppe (3) das Gehäuse (15) einer Gasturbine ist.

20

15. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrisch bestimmte Schneide im Bereich der Spanfläche (8) partiell gehärtet ist.

25

16. Strömungsmaschine mit einer Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

30

17. Strömungsmaschine nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungsanordnung zwischen einer Laufschaufelreihe (6) und einer Gehäusewand (15) und/oder zwischen einer Laufschaufelreihe (4) und

- 23 -

einer Leitschaufelreihe (14) und/oder zwischen einem Wärmestausegment (16) und einer Gehäusewand (15) und/oder zwischen einem Wärmestausegment (16) und einer Leitschaufelreihe (14) ausgebildet ist.

1 / 5

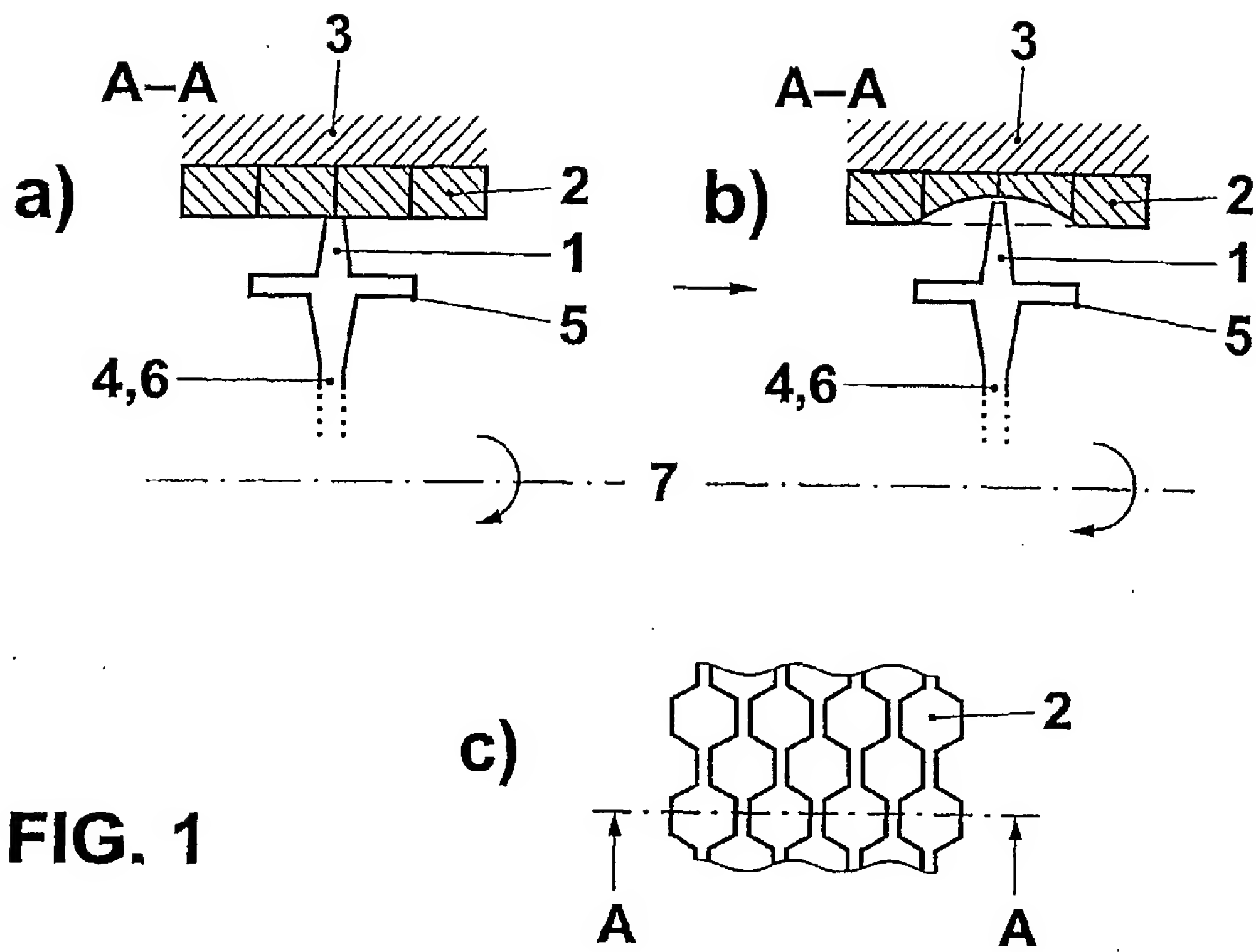


FIG. 1

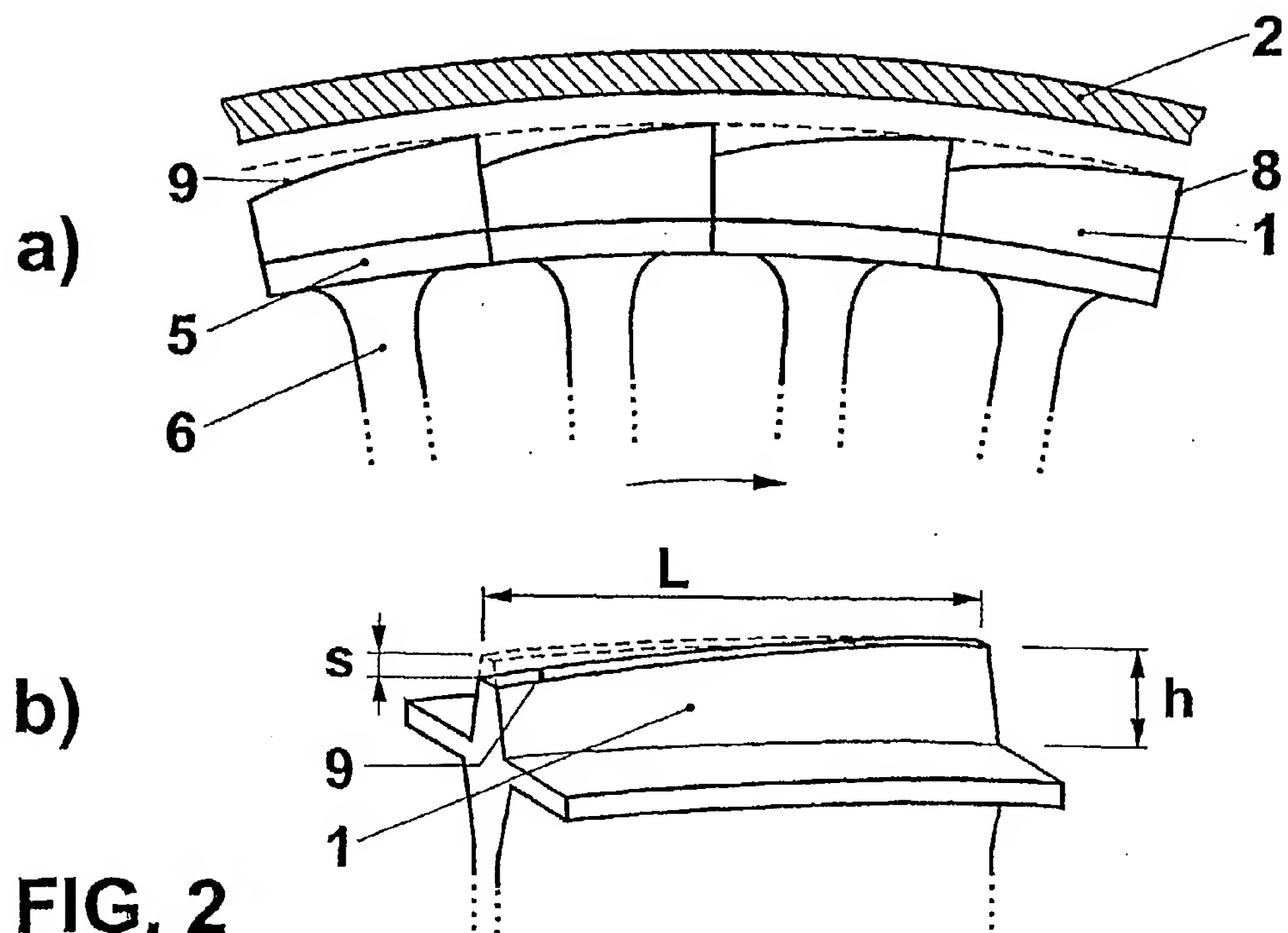


FIG. 2



2 / 5

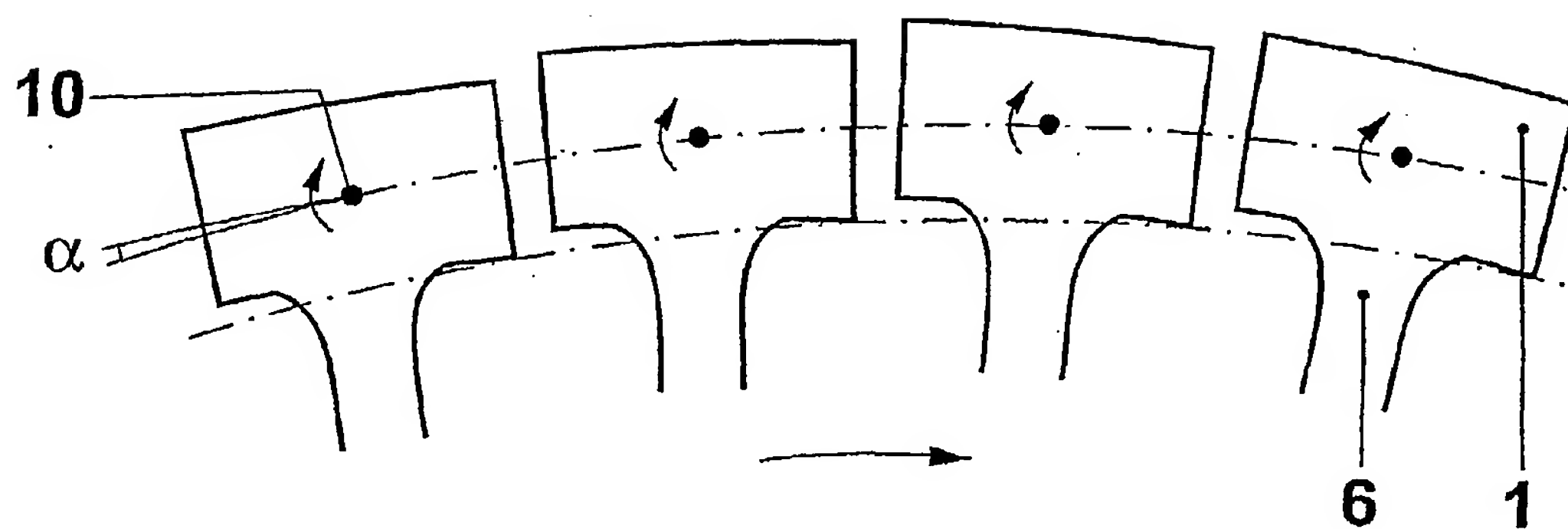


FIG. 3

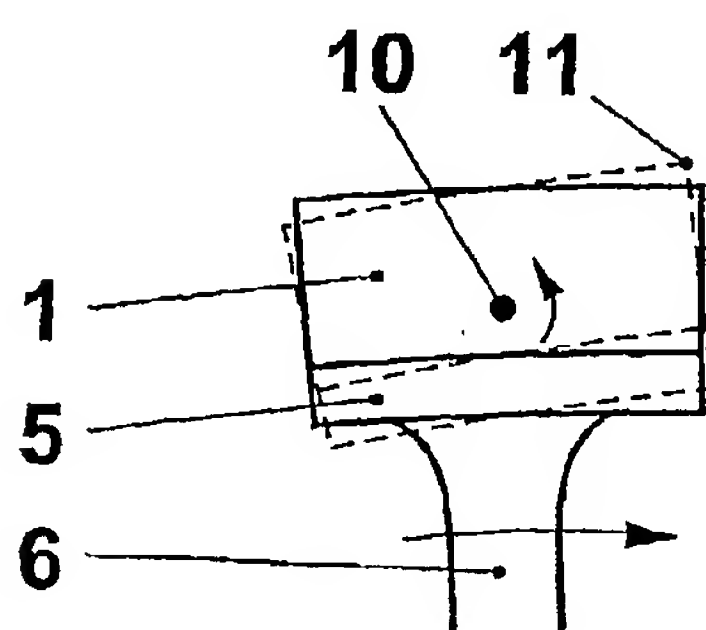


FIG. 4

3 / 5

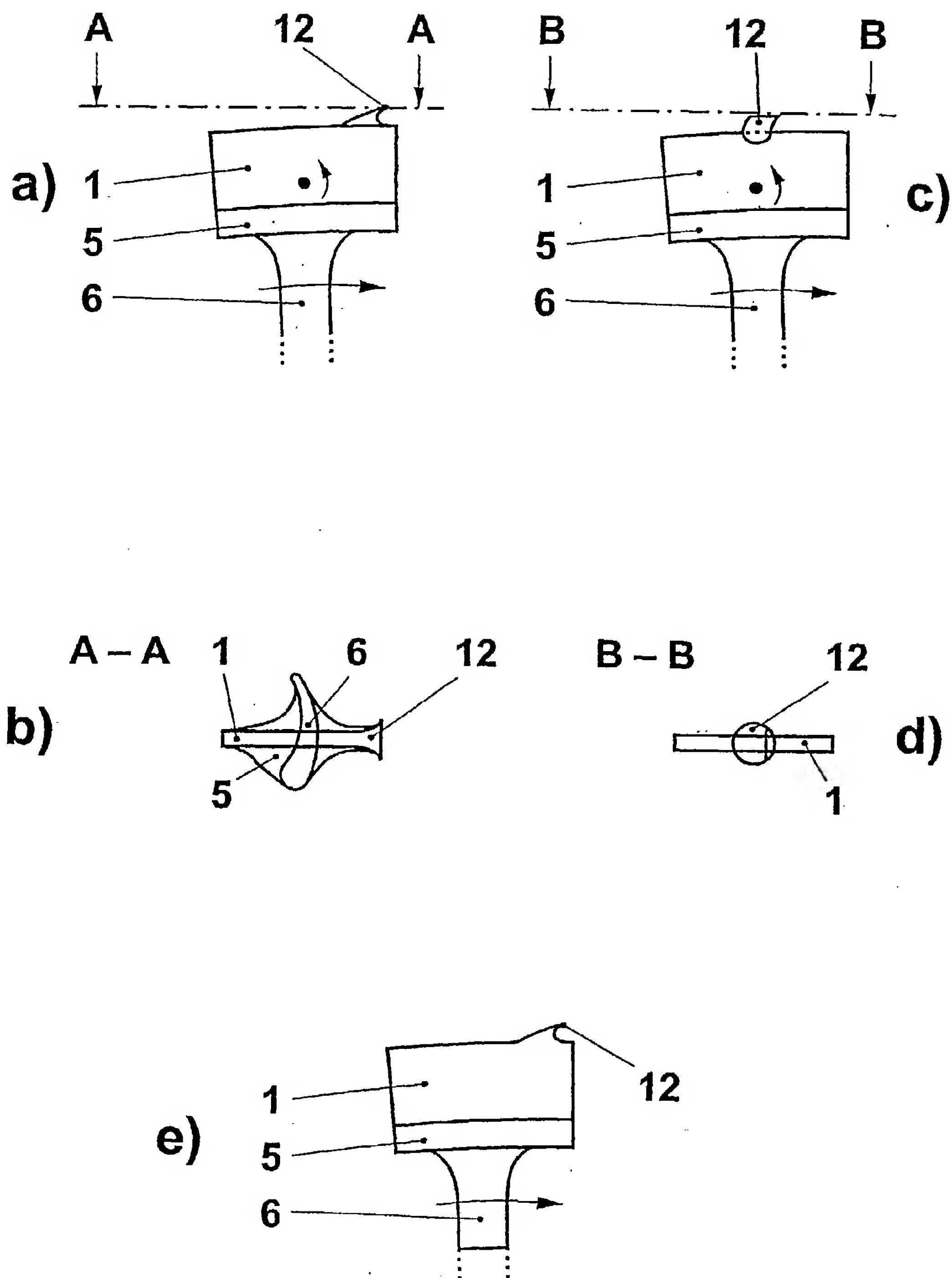


FIG. 5

4 / 5

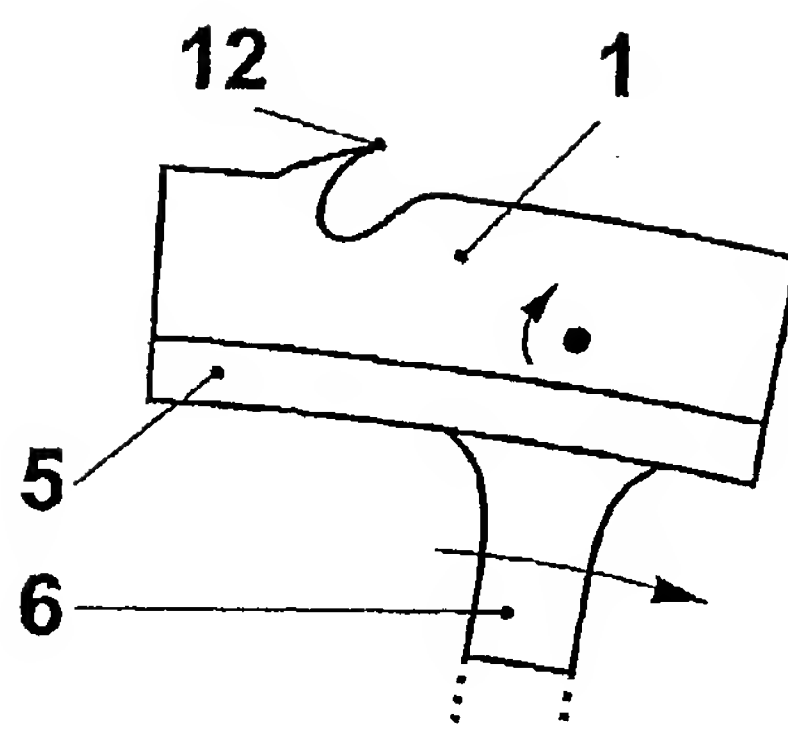


FIG. 6

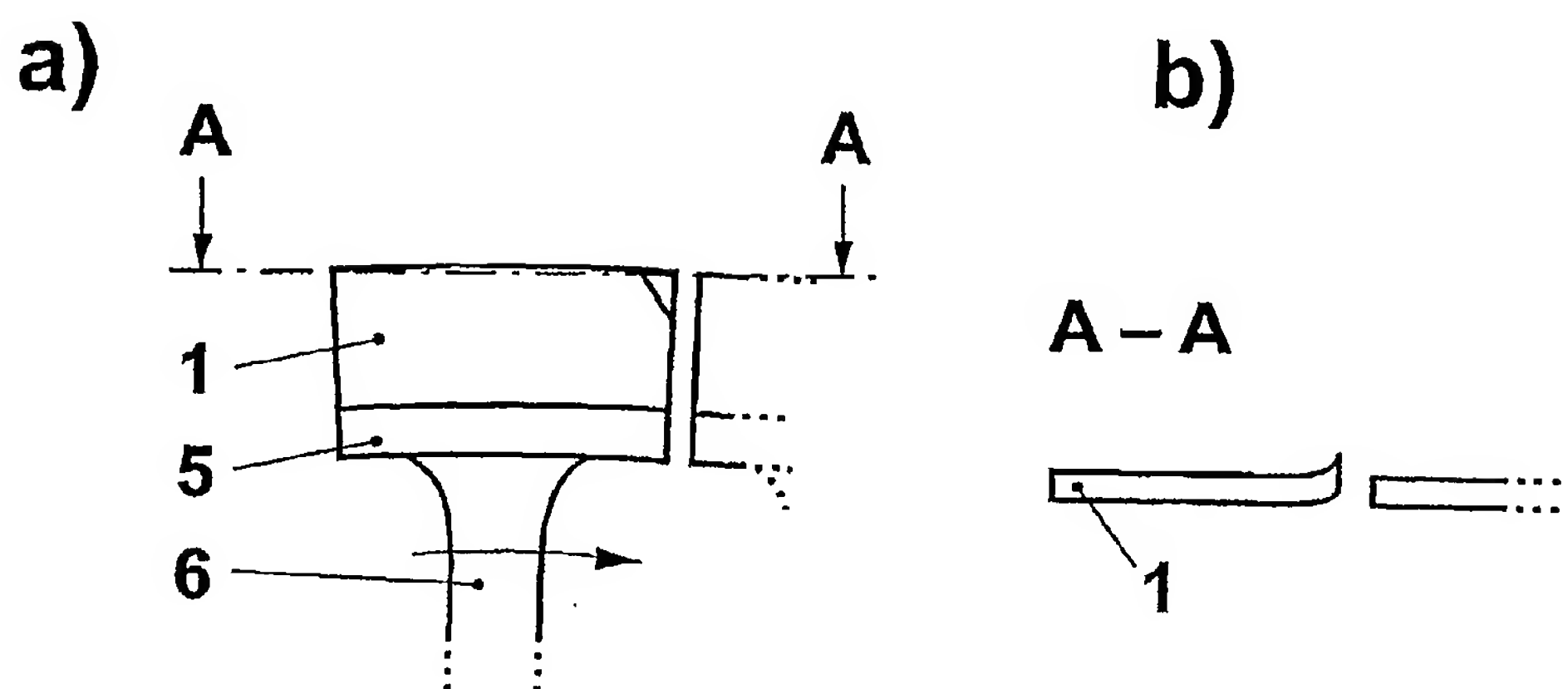


FIG. 7

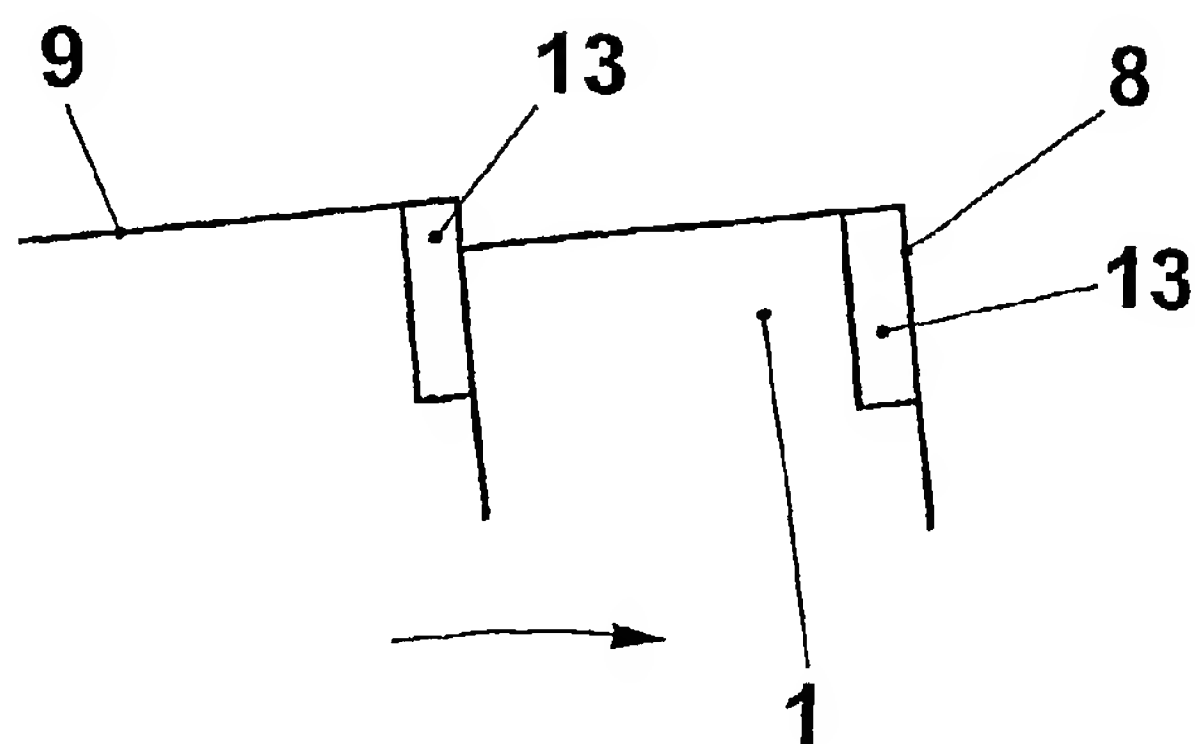


FIG. 8

5 / 5

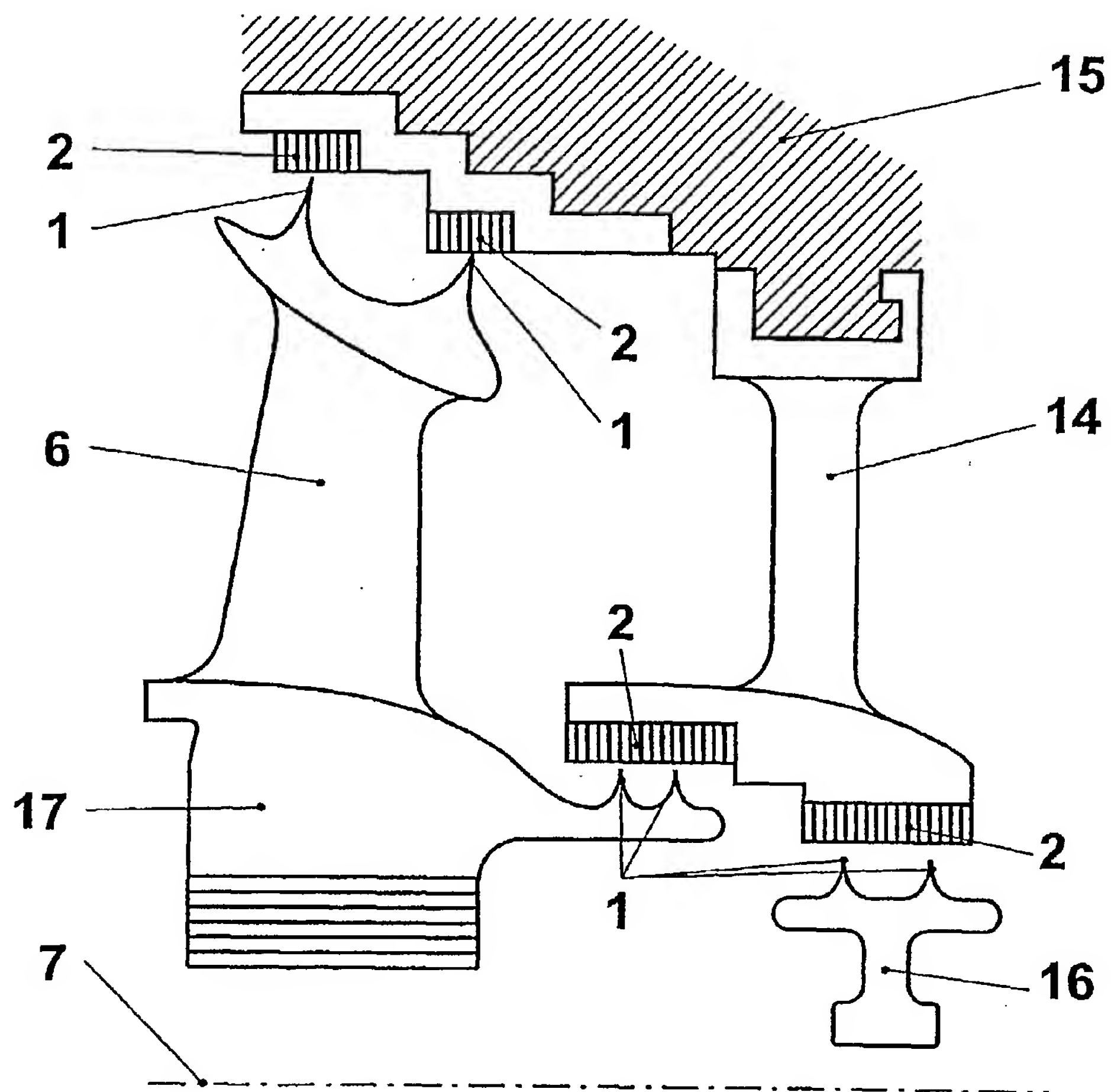


FIG. 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

tional Application No

PCT/IB 01/01750

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01D5/22 F01D5/20 F01D11/08 F16J15/447

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SU 792 014 A (BULYCHEV NIKOLAJ YA;DEGTYAREV IVAN YA; DENISOVA ELENA P; SMIRNOV GENNA) 30 December 1980 (1980-12-30)	1-4
Y	abstract; figure 2	5,6, 12-17
Y	US 3 339 933 A (PHILLIPS FOSTER WILLIAM) 5 September 1967 (1967-09-05)	5,6, 12-17
A	the whole document	1,3
X	US 4 957 411 A (SNECMA) 18 September 1990 (1990-09-18)	1-5, 14-17
	column 2, line 15 - line 22; figure 2A	
X	US 4 274 806 A (GALLARDO JR VICENTE C) 23 June 1981 (1981-06-23)	1-5, 14-17
	figures 1,4	
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 November 2001

Date of mailing of the international search report

28/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iverus, D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/IB 01/01750

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 292 250 A (UNION CARBIDE CORP) 23 November 1988 (1988-11-23) column 2, line 51 -column 3, line 16; figures 1-4 ----	1-7, 14-17
X	US 5 756 217 A (FISCHER HERBERT ET AL) 26 May 1998 (1998-05-26) column 1, line 62 -column 2, line 16; figures 1,4 column 5, line 10 - line 27 ----	1-5, 14-17
A	US 3 537 713 A (MATTHEWS JENNIFER V ET AL) 3 November 1970 (1970-11-03) figures 1-3 ----	1,12
A	US 3 185 441 A (HERMANN REUTER) 25 May 1965 (1965-05-25) figure 2 ----	8-11
A	US 3 545 882 A (WILLIAMSON DOUGLAS HERBERT) 8 December 1970 (1970-12-08) figure 2 ----	8-11
A	EP 0 666 407 A (ROLLS ROYCE PLC) 9 August 1995 (1995-08-09) -----	



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

IB 01/01750

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
SU 792014	A	30-12-1980	SU 792014 A1	30-12-1980
US 3339933	A	05-09-1967	BE 676992 A	18-07-1966
			DE 1525455 A1	26-06-1969
			GB 1106261 A	13-03-1968
			JP 49013810 B	03-04-1974
US 4957411	A	18-09-1990	FR 2615254 A1	18-11-1988
			DE 3860869 D1	29-11-1990
			EP 0291407 A1	17-11-1988
US 4274806	A	23-06-1981	DE 3009863 A1	22-01-1981
			FR 2459363 A1	09-01-1981
			GB 2052644 A, B	28-01-1981
			IT 1130931 B	18-06-1986
			JP 56002402 A	12-01-1981
EP 0292250	A	23-11-1988	US 4884820 A	05-12-1989
			CA 1324166 A1	09-11-1993
			DE 3869657 D1	07-05-1992
			EP 0292250 A1	23-11-1988
			KR 9310259 B1	16-10-1993
US 5756217	A	26-05-1998	DE 4432998 C1	04-04-1996
			EP 0702130 A2	20-03-1996
			US 6171351 B1	09-01-2001
US 3537713	A	03-11-1970	NONE	
US 3185441	A	25-05-1965	CH 397722 A	31-08-1965
			GB 979392 A	01-01-1965
US 3545882	A	08-12-1970	CH 492871 A	30-06-1970
			DE 1901464 A1	07-08-1969
			FR 2000324 A5	05-09-1969
			FR 2000325 A5	05-09-1969
			GB 1194061 A	10-06-1970
EP 0666407	A	09-08-1995	DE 69409498 D1	14-05-1998
			DE 69409498 T2	13-08-1998
			EP 0666407 A2	09-08-1995
			US 5556257 A	17-09-1996